

Ellenáramú polimer membrán entalpiás és polisztirol anyagú hővisszanyerős lakásszellőztető berendezés energiahatékonyságának vizsgálata különböző éghajlatú európai régiókban

Dr. Kassai Miklós PhD¹

Abstract

The effects of the material of two exchangers (polystyrene for sensible heat exchanger and polymer membrane for energy exchanger) on energy consumption of ventilation in three different climate European cities (in Reykjavík in Iceland as cold climate county, in Budapest in Hungary as temperature climate country and in Rome in Italy as warm climate region) are evaluated in this research work.

The results show the energy recovery of ventilation air with polymer membrane material based counter-flow energy exchanger performs better than using a polystyrene sensible heat recovery unit.

1. Bevezetés

Az épületek energiateljesítményéről szóló irányelv új átdolgozásának (EPBD 2018/844) egyik célkitűzése az, hogy előmozdítsa az európai (EU) országokban az épületek energiateljesítményének javítását, figyelembe véve az adott régió éghajlati adottságait, a kiszolgált tér belső levegő minőségére és hőkomfortjára vonatkozó követelményeit, valamint a költséghatékonyságát [1]. Az éghajlat jelentősen befolyásolja az épület energiafogyasztását [2]. Az energiafelhasználást több kutató vizsgálta különböző éghajlati viszonyok mellett [3, 4].

Különböző időjárási viszonyokat vizsgáltak, mint például a száraz hőmérséklet, nedves hőmérséklet, szélsősebesség, globális napsugárzás, és leírták, hogy ezek a paraméterek hogyan befolyásolták a szükséges fűtési és hűtési energiateljesítményt [5]. Néhány tanulmány alapján az említett környezeti feltételek paraméterei közül a környezeti külső levegő hőmérsékletének változása befolyásolja leginkább az energiaigényt. Következésképpen a hőfokhid módszer az egyik leghasznosabb számítási eljárás az energiaigény becslésére, amely figyelembe veszi a kiszolgált tér belső levegő hőmérséklete és a környezeti külső levegő hőmérséklete közötti különbséget [6].

Az irányelvben szereplő közel nulla energiaigényű épület („Net Zero Energy Buildings”) meghatározás szerint ezeknek az épületeknek nagyon magas energiahatékonysággal kell rendelkezniük [9-11]. A hővisszanyerő elem nélkül üzemelő szellőztető berendezés növeli az épületek energia-

fogyasztását, mivel a kültéri levegőt hűteni vagy melegíteni kell ahhoz, hogy közel álljon a kiszolgált térben tartani kívánt komfortos belső levegő állapotához. A mesterséges szellőztést már sok éve használják korlátozott számú kereskedelmi épületben, és most egyre gyakoribbá válik a lakóházakban; különösen azoknál, amelyeknek meg kell felelniük a közel nulla energiaigényű épületekre vonatkozó követelményeknek az EU-országokban [12-14]. Az EPBD-irányelvben a közel nulla energiaigényű épületek (NZEB) definíciója szerint ezeknek az épületeknek nagyon szigorú energiahatékonysági követelményeknek kell megfelelniük.

Mivel a hőszigetelt épületek nagymértékben légtömören vannak kialakítva, a hővisszanyerős szellőztető egységek használata elengedhetetlen a kellemes belső levegőminőséghez és a fokozott nedvességtérhelés eltávolításához megfelelő szellőző levegő mennyiség biztosítása mellett [15]. Ezért a központi hővisszanyerős szellőztető rendszerek használata egyedülállóan hozzájárul az NZEB-követelmények teljesítéséhez. Ezek az egységek tartalmazznak egy levegő-levegő hőcserélőt, amely lehetővé teszi a hő (és nedvesség) átadását a befűjt friss levegő és az elszívott elhasznált levegőáramok között [11].

A szellőztető rendszerek energiafogyasztásának becslése szintén nagyon összetett tervezési probléma, amely számos információt igényel, mint például a külső környezet, valamint a kiszolgált tér belső légállapota (hőmérséklete, relatív páratartalma, entalpiája), a szellőző levegő tömegárama, a hővisszanyerő hatásfoka, a levegő kiegészítő fűtéséhez és hűtéséhez használt technológia. Az üzemeltetés energiafogyasztásának kiértékeléséhez szükséges számítások e paraméterek függvényeit tartalmazzák az idő szerint integrálva, és meg lehetőséget nyújt az összetett eljárások. Még bonyolultabb a helyzet, ha a hővisszanyerés mellett nedvesség-visszanyerés is történik a légcseré során [16-17].

A kutatási munkánk korábbi szakaszában egy Zehnder ComfoAir Q350 szellőztető berendezésbe épített polisztirol alapú ellenáramú, csak hőátvitelre alkalmas hővisszanyerő (HRV) és egy polimer membrán (polietilén-poliéter-kopolimer) alapú ellenáramú hő- és nedvesség átvitelére is alkalmas entalpiás hővisszanyerő (ERV) szennibilis, látens és totális hatásfokát vizsgáltuk kísérleti módszerekkel. A kísérleti vizsgálatok elvégzéséhez a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Macskásy Komfort és Klimatechnikai Laboratóriumában az általam kifejlesztett Hővisszanyerős Mérőállást (HVM) használtuk fel, amely lehetővé teszi a különböző típusú, valós méretű hővisszanyerők hatásfokának kísérleti vizsgálatát különböző légállapotok és üzemviteli paraméterek mellett.

¹ egyetemi docens,
BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárás-
technika Tanszék



A mérések során eredményül kapott hatásfok adatokat a Magyar Épületgépészet folyóirat LXVIII. évfolyam, 2019/5. számában publikáltam.

Az eredmények azt mutatják, hogy a HRV összességében magasabb szenzibilis hatásfok értékekkel rendelkezik, mint az ERV, különösen a magasabb levegő térfogatáram melletti üzemvitel mellett. A HRV átlagos szenzibilis hatásfokának értéke téli időszak esetén 91%, nyári időszakban pedig 92%, míg az ERV átlagos szenzibilis hatásfokának értéke télen 87,2% volt és 87,8% volt nyáron. Itt meg kell említeni, hogy az ERV és a HRV szenzibilis hatásfok értékeinek összehasonlítása alapján nem lehet éves energiafogyasztásra vonatkozó következtetéseket levonni, hiszen az entalpiás ERV hővisszanyerő belsejében a hőátvitel mellett nedvességátvitel is történik a szellőztető berendezésbe érkező külső frisslevegő és a kiszolgált térből elszívott, elhasznált levegőáramok között, így nem lehet figyelmen kívül hagyni az ERV látens, illetve totális hatásfokát az épületenergetikai méretezések, energetikai tanúsítások készítése során.

A kutatási munka folytatásaképpen a két vizsgált hővisszanyerő (entalpiás ERV és normál hőcserélős HRV) anyagának a szellőztetés energiafogyasztására gyakorolt hatását vizsgálok három különböző éghajlatú európai régióban (Reykjavík, Izland – hideg éghajlat; Budapest, Magyarország – mérsékelt éghajlat; Róma, Olaszország – meleg éghajlat). A kísérletek során eredményül kapott hatásfok adatokat a külső levegő hőfokgyakorisági görbéivel és az általam kifejlesztett, entalpia-hőmérséklet diagramokkal használva, részletes kiértékelő energetikai méretező eljárást dolgoztam ki annak meghatározására, hogy a vizsgált hővisszanyerő egységek különböző klimatikus éghajlatú régiókban (hideg, mérsékelt és meleg éghajlatú régiók) évente mennyi szellőztetéshez szükséges energiát takarítanak meg.

2. A kifejlesztett energetikai méretező eljárás bemutatása

A következő fejezetben részletesen bemutatom az általam kifejlesztett energetikai méretező eljárást, illetve a két vizsgált hővisszanyerő (entalpiás ERV és normál hőcserélős HRV) anyagának a szellőztetés energiafogyasztására gyakorolt hatását három különböző éghajlatú európai régióban (Reykjavík, Izland – hideg éghajlaton; Budapest, Magyarország – mérsékelt éghajlaton; Róma, Olaszország – meleg éghajlaton) kiértékelve. A numerikus vizsgálat megvalósításához a szezonális átlagos hatásfokra vonatkozó adatokat (**1. táblázat**) a korábban elvégzett vizsgálatok eredményei alapján határoztam meg. Az energiaszámításokat 300 m³/h levegő térfogatárammal és 1,2 kg/m³ levegőszűrősséggel végeztem el állandósult esetre.

1. táblázat. Szezonális átlagos hatásfokra vonatkozó adatok 300 m³/h levegő térfogatáram esetén

Szezonális átlagos hatásfok	ERV		HRV	
	Tél	Nyár	Tél	Nyár
$\varepsilon_{s,av}$ [%]	86	86	90	91
$\varepsilon_{t,av}$ [%]	77	77	–	–

Az 1. táblázatban az $\varepsilon_{s,av}$ index a szenzibilis átlagos, az $\varepsilon_{t,av}$ index pedig a totális átlagos szezonális hatásfok értékekre utal a vizsgált tartományban.

2.1. A kísérleti eredmények felhasználása az energetikai számításokhoz

Az egyes vizsgált európai városok meteorológiai adatainak letöltése a TRNSYS 18 dinamikus energia szimulációs eszköz felhasználásával, a Meteoronorm adatbázis segítségével történt, óránkénti bontásban. Az energiaszámítások elvégzéséhez a HRV esetében az adott várost jellemző külső levegő hőfokgyakorisági görbéit használtam. Az ERV esetében a hőfokgyakorisági diagram alkalmazása nem alkalmas az energetikai méretezéshez, mert a *Mollier* h-x diagram alapján egy adott hőmérséklethez több entalpia érték is tartozik. Az ERV esetében az energiabecslésekhez így külső levegő entalpia-hőmérséklet diagramokat hoztam létre.

A fagyveszély az üzemeltetés során akkor jelentkezik, amikor a környezeti külső levegő hőmérséklete alacsonyabb, mint a fagyveszélyt jelentő hőmérséklet (-5 °C az ERV és 0 °C a HRV esetében, a gyártó által megadott műszaki adat-szolgáltatás alapján). Az energetikai számítások során azzal a közelítéssel éltem, hogy elektromos előfűtő alkalmazását feltételeztem az üzemeltetés során, így a fagyveszély során a hővisszanyerő belsejében keletkező jégképződés hatásfokra gyakorolt csökkentő hatásával nem kellett kalkulálni a fűtési időszak során. Az elszívott levegő légállapotát az EN 13141-7 szabvány [18] előírása alapján állandó értéként (20 °C -os száraz, és 12 °C -os nedves léghőmérséklettel fűtési időszakban; 27 °C -os száraz és 19 °C -os nedves léghőmérséklettel hűtési időszakban) vettem figyelembe. Az energetikai számítások során a by-pass üzemről is eltekintettem, ami kiiktatja hővisszanyerést (vagy csökkenti annak mértékét), amikor hővisszanyerésre éppen nincs szükség, ami a valóságban csupán időszakosan, átmeneti időjárási körülmények mellett jellemző.

A szenzibilis hővisszanyerési számításokhoz a kísérletekből eredményül kapott szenzibilis átlaghatásfok-adatok alapján (1. táblázat) a HRV hővisszanyerő utáni befűjt levegő hőmérsékletet (T_{so}) az (1) egyenlet segítségével lehet kiszámítani.

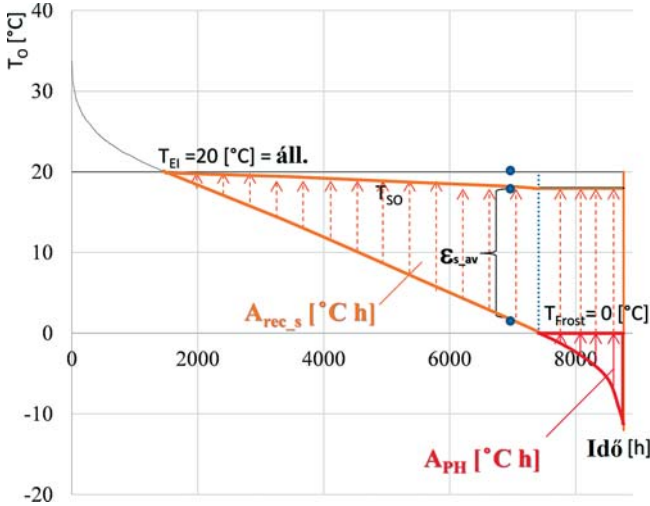
$$T_{so} = T_o + \varepsilon_{s,av} (T_{EI} - T_o), \quad (1)$$

ahol T_{so} ($^{\circ}\text{C}$) a kiszolgált térbe befűjt levegő hőmérséklete, T_o a külső környezeti levegő hőmérséklete ($^{\circ}\text{C}$), T_{EI} az elszívott, elhasznált levegő hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$), $\varepsilon_{s,av}$ pedig a szezonális átlagos szenzibilis hatásfok értéke (–).

Mivel az elektromos előfűtő a környezeti levegőt a fagyási hőmérsékletre melegíti fel, a fagyveszélyt jelentő időszakban a külső környezeti levegő hőmérséklete (T_o) helyett a fagyveszélyt jelentő hőmérséklet (T_{Frost}) értékeit használtam az (1) egyenletben.

Ily módon az előfűtő energiafogyasztásával (A_{PH}) és a hővisszanyeréssel megtakarított szellőztetési szenzibilis energiával arányos területeket ($A_{rec,s}$) a külső levegő hőfokgyakorisági görbéjén határoztam meg a fűtési időszakban (**1. ábra**, lásd a következő oldalon).

Tekintettel a kutatási tanulmány terjedelmi korlátaira és az ismétlések elkerülésére, hazánk fővárosát, Budapestet választottam ki a kutatómunkában kidolgozott energetikai méretező eljárás bemutatására. Mivel Budapest egy mérsékelt éghajlatú régióban helyezkedik el Európában, a város szélesebb körű klimatikus viszonyoknak van kitéve, hidegebb téli és melegebb nyári időszakok jellemzik, így mind a fűtési, mind pedig a hűtési időszak során végzett energetikai vizsgálat releváns és jól szemléltethető.



1. ábra. A hőfokgyakorisági görbén jelölt területek, amelyek arányosak az előfűtő energiafogyasztásával és a hővisszanyerés által megtakarított energiával a fűtési időszakban

A meghatározott területek segítségével kiszámítható a megtakarított szenzibilis energia a (2) egyenlettel, illetve az előmelegítő energiafogyasztása a (3) egyenlettel:

$$Q_{rec_s} = c_{Pair} \cdot \dot{m}_{air} \cdot A_{rec_s} = c_{Pair} \cdot \rho_{air} \cdot \dot{V}_{air} \cdot A_{rec_s} , \quad (2)$$

$$Q_{PH} = c_{Pair} \cdot \dot{m}_{air} \cdot A_{PH} = c_{Pair} \cdot \rho_{air} \cdot \dot{V}_{air} \cdot A_{PH} , \quad (3)$$

ahol $c_{p\ air}$ a levegő fajhője (kJ/kg°C), \dot{m}_{air} a levegő tömegárama (kg/s), ρ_{air} a levegő sűrűsége (kg/m³), \dot{V}_{air} a levegő térfogatárama (m³/s), A_{rec_s} a szenzibilis hőenergiavisszanyeréssel arányos terület (°C, h), (4. egyenlet), A_{PH} pedig az előfűtő energiafogyasztásával arányos terület (°C, h), (5. egyenlet):

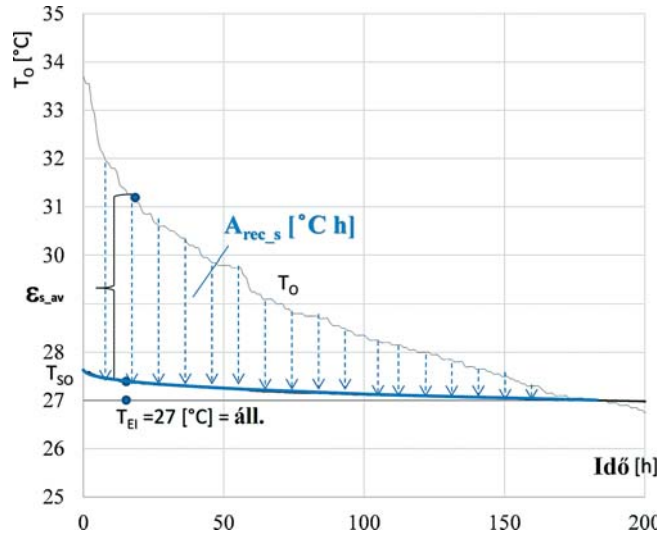
$$A_{rec_s} = \sum \Delta t_{rec_s} \cdot \tau = \sum (T_s - T_o) \cdot \tau , \quad (4)$$

ahol τ az idő [óra] mértékegységben, és

$$A_{PH} = \sum \Delta t_{PH} \cdot \tau = \sum (T_{Frost} - T_o) \cdot \tau . \quad (5)$$

A 2. ábrán a hővisszanyeréssel megtakarított szellőztetési szenzibilis energiával arányos terület látható a külső levegő hőfokgyakorisági görbéjén ábrázolva, hűtési időszakban is.

A kísérletek során eredményül kapott hővisszanyerés szezonális átlagos totális hatásfok (ϵ_{t_av} [%]) értékeinek (1. táblázat) felhasználásával, állandó elszívott levegő entalpia értéket (a 27 °C-os száraz és 19 °C-os nedves léghőmérséklet értékpárhoz tartozó entalpia) felvéve, az ERV entalpiás hővisszanyerő után a befűjt friss levegő entalpiája (h_{so}) kiszámítható a (6) egyenlet segítségével:



2. ábra. A hőfokgyakorisági görbén meghatározott terület, amely arányos a hővisszanyerés által megtakarított energiával a hűtési időszakban

$$h_{so} = h_o + \epsilon_{t_av} \cdot (h_{EI} - h_o) , \quad (6)$$

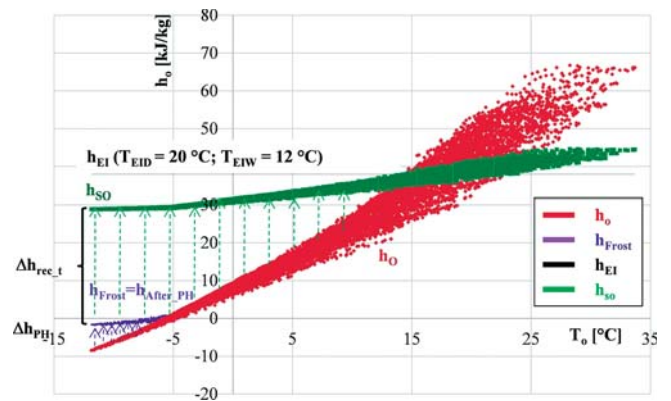
ahol h_{so} a kiszolgált térbe befűjt friss levegő entalpiája (kJ/kg°C), h_o a külső környezeti levegő entalpiája (kJ/kg°C), h_{EI} az elszívott levegő entalpiája (kJ/kg°C) és az ϵ_{t_av} a szezonális átlagos totális hatásfok értéke (-).

Mivel az előfűtő a külső környezeti levegőt melegíti fel a fagyveszélyt jelentő légállapotra, a fagyveszélyt jelentő időszakban a külső környezeti levegő entalpiája (h_o) helyett a fagyveszélyt jelentő entalpia (h_{Frost}) értékeit használtam a (6) és (7) egyenletekben.

A totális szellőztetési energia megtakarításával arányos terület (A_{rec_t}) (7. egyenlet) és az előfűtő energiafogyasztásával arányos terület (A_{PH}) (8. egyenlet) a külső levegő entalpia-hőmérséklet diagramján került meghatározásra a fűtési időszakban (3. ábra):

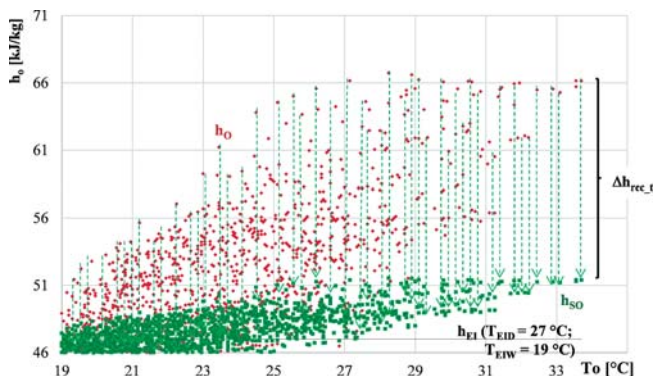
$$A_{rec_t} = \sum \Delta h_{rec_t} \cdot \tau = \sum (h_s - h_o) \cdot \tau , \quad (7)$$

$$A_{PH} = \sum \Delta h_{PH} \cdot \tau = \sum (h_{Frost} - h_o) \cdot \tau . \quad (8)$$



3. ábra. A külső levegő entalpia-hőmérséklet diagramon meghatározott területek, amelyek arányosak az előfűtő energiafogyasztással és a hővisszanyerés által megtakarított energiával a fűtési időszakban

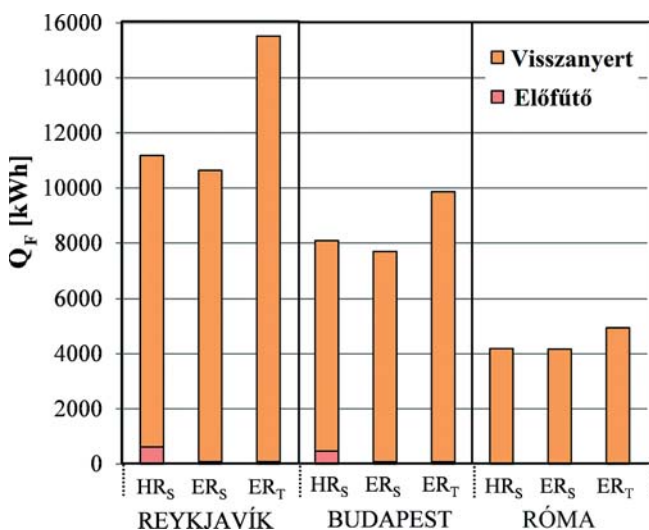
A megtakarított totális szellőztetési energia mértékével arányos terület (A_{rec_t}) a külső levegő entalpia – hőmérséklet diagramján került meghatározásra (4. ábra) a hűtési időszakban is.



4. ábra. A külső léghőmérséklet – entalpia grafikonon meghatározott terület, amely arányos a hővisszanyerés által megtakarított energiával a hűtési időszakban

2.2. Az energiabecslés eredményei

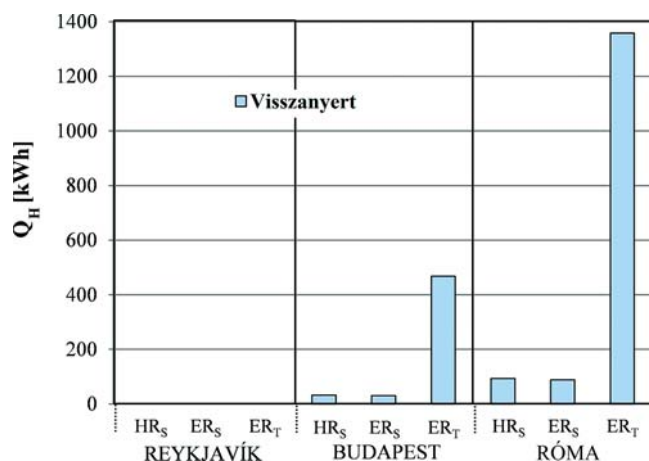
Az előfűtő (PH) energiafogyasztása, a HRV által visszanyert szellőztetési szenzibilis hőenergia (HR_S), az ERV által visszanyert szellőztetési szenzibilis hőenergia (ER_S) és az ERV által visszanyert szellőztetési totális energia (ER_T) az 5. ábrán látható a fűtési időszakban.



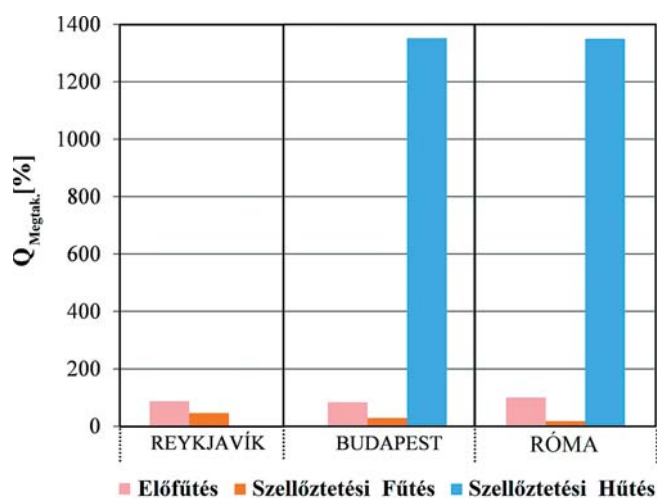
5. ábra. A fűtési időszakban az egyes vizsgált esetek becsült energiafogyasztása és visszanyert energiája

A HRV által visszanyert szellőztetési szenzibilis hőenergia (HR_S), az ERV által visszanyert szellőztetési szenzibilis hőenergia (ER_S) és ERV által visszanyert szellőztetési totális energia (ER_T) a 6. ábrán látható a hűtési időszakban.

A 7. ábra mutatja az ERV entalpiás hővisszanyerő által megtakarított többlet energia mennyiségét, az előfűtés és a visszanyert szellőztetési energia vonatkozásában, a HRV hővisszanyerőhöz képest a vizsgált városok esetében fűtési és hűtési szezonban.



6. ábra. A hűtési időszakban az egyes vizsgált esetekben a becsült visszanyert energia mértéke



7. ábra. Az ERV-vel megtakarított többlet energia a HRV-hez viszonyítva

3. Következtetések

Kutatási munkám során kísérleteken alapuló hatásfok értéket használtam fel arra, hogy számítással meghatározzam az éves megtakarított szellőztetési energiát, valamint az előfűtő energiafogyasztását, polisztrén anyagú, csak hőátvitelre alkalmas ellenáramú hővisszanyerővel (HRV) és polimer membrán anyagú, hő- és nedvességátvitelére is alkalmas ellenáramú entalpiás hővisszanyerővel (ERV) üzemeltetett központi hővisszanyerős szellőztető rendszer esetében.

Az energetikai méretezés eredményeinek szemléltetése a két hővisszanyerő anyagától függően külön-külön történt a különböző vizsgált éghajlatú európai régióban: Reykjavík városban, Izlandon, mint hideg éghajlatú övezetben; Budapesten, Magyarországon, mint mérsékelt éghajlatú területen és Rómában, Olaszországban, mint meleg klimatikus környezetben. Az energetikai vizsgálatok során léghőmérséklet alapján szabályozott hővisszanyerési üzemeltetést tételeztem fel.

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy az ERV hővisszanyerővel üzemeltetett szellőztető rendszerrel nagyobb energia-megtakarítás érhető el, mint a HRV hővisszanyerővel. A szellőztető berendezés ERV hővisszanyerővel történő

üzemeltetése során az előfűtő Reykjavíkban 87,1%-kal, Budapesten pedig 83,7%-kal kevesebb energiát fogyaszt, mint a HRV hővisszanyerő alkalmazása esetén, Rómában pedig az ERV esetében nincs szükség előfűtő elem alkalmazására.

A szellőztető berendezés ERV hővisszanyerővel történő üzemeltetése esetén az energia-megtakarítás a szellőztető levegőn 46,04%-kal nagyobb Reykjavíkban (hideg éghajlatú térségben), 28,46%-kal nagyobb Budapesten (mérsékelt éghajlatú térségben) és 18,09%-kal nagyobb Rómában (meleg éghajlatú térségben) a fűtési szezonban, valamint 1351,97%-kal nagyobb Budapesten és 1350,29%-kal nagyobb Rómában a hűtési időszakban (az entalpiacserének köszönhetően), mint a HRV hővisszanyerő használata esetében.

Az entalpiás ERV hővisszanyerőt olyan szempontból is érdemes használni, amennyiben a szigorúbb komfort előírások vagy magasabb belső levegő minőség igények szempontjából szűkebb tartományban kell tartani a kiszolgált tér belső levegőjének relatív páratartalmát.

Támogatók

Ez a kutatási munka a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával, az NKFI Alapból [azonosítószám: NKFIH PD_18 127907] valósult meg, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatásával készült, Budapest, Magyarország.

Külön köszönetnyilvánítás illeti *Tóth Istvánt* és *Bakó Tamást* a Zehnder Group Deutschland GmbH Magyarországi Kereskedelmi Képviselőjétől, akik a Zehnder ComfoAir Q350 készüléket biztosították a kutatáshoz, és elhivatott szakmai, műszaki háttértámogatásukkal hozzájárultak a kutató munka sikeréhez.

Felhasznált irodalom

1. Ferrara, M., Monetti, V., Fabrizio, E., Cost-Optimal Analysis for Nearly Zero Energy Buildings Design and Optimization: A Critical Review. *Energies* 2018, 11, 1-32.
2. Tsigirioti, D., Tsikaloudaki, K., The effect of climate conditions on the relation between energy efficiency and urban form. *Energies* 2018, 11, 582.
3. Wan, K.K.W., Li, D.H.W., Liu, D., Lam, J.C., Future trends of building heating and cooling loads and energy consumption in different climates. *Build. Environ.* 2011, 46, 223-234.
4. Sailor, D.J., Pavlova, A.A., Air conditioning market saturation and long-term response of residential cooling energy demand to climate change. *Energy* 2003, 28, 941-951.
5. Lam, J.C., Tang, H.L., Li, D.H.W., Seasonal variations in residential and commercial sector electricity consumption in Hong Kong. *Energy* 2008, 33, 513-523.
6. Giannakopoulos, C., Hadjinicolaou, P., Zerefos, C., Demosthenous, G., Changing energy requirements in the Mediterranean under changing climatic conditions. *Energies* 2009, 2, 805-815.
7. Karlsson, J., Roos, A., Karlsson, B., Building and climate influence on the balance temperature of buildings. *Build. Environ.* 2003, 38, 75-81.
8. Calise, F., D'Accadia, D.M., Barletta, C., Battaglia, V., Pfeifer, A., Duic, N., Detailed modelling of the deep decarbonisation scenarios with demand response technologies in the heating and cooling sector: a case study for Italy. *Energies* 2017, 10, 1535.
9. Ahmed, K., Carlier, M., Feldmann, C., Kurnitski, J., A New Method for Contrasting Energy Performance and Near-Zero Energy Building Requirements in Different Climates and Countries. *Energies* 2018, 11, 1334.

10. García, T.A., Mora, D., Energy performance assessment of building systems with computer dynamic simulation and monitoring in a laboratory. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 2011, 143, 449-460.
11. Giuseppe, E., Marco, M., Angelo, Z., Michele, D.C., The use of air handling units in residential near zero-energy buildings. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 2017, 224, 147 - 158.
12. Ahmed, Y.T.A.-Z., Hong, G., Experimental investigation of counter flow heat exchangers for energy recovery ventilation in cooling mode. *International Journal of Refrigeration* 2018, 93, 132-143.
13. Engarnevis, A., Huizing, R., Green, S., Rogak, S., Heat and mass transfer modelling in enthalpy exchangers using asymmetric composite membranes. *Journal of Membrane Science* 2018, 556, 248-262.
14. Silvia, G.-L., Beatriz, R.-S., José, M.M., Control strategies for Energy Recovery Ventilators in the South of Europe for residential nZEB—Quantitative analysis of the air conditioning demand. *Energy and Buildings* 2017, 146, 271-282.
15. D'Este, A., Gastaldello, A., Schibuola, L., Energy saving in building ventilation. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 2005, 81, 335-344.
16. Zhang, L.Z., Zhu, D.S., Deng, X.H., Hua, B., Thermodynamic modelling of a novel air dehumidification system. *Energy and Buildings* 2005, 37/3, 279-286.
17. Amin, E., Ryan, H., Sheldon, G., Steven, R., Heat and mass transfer modelling in enthalpy exchangers using asymmetric composite membranes. *Journal of Membrane Science* 2018, 556, 248-262.
18. EN 13141-7:2010, Ventilation for buildings – Performance testing of components / products for residential ventilation – Part 7: Performance testing of components / products of mechanical supply and exhaust ventilation units (including heat recovery) for mechanical ventilation systems intended for single family dwellings, 2010.

Építők Napja 2019

A Vasas Szakszervezet Székházának dísztermében került sor május 31-én az építők köszöntésére. Az építőiparban dolgozókat a kormányzat, a szakmai és tudományos szervezetek, a mérnöki kamara és a szakszervezet tisztségviselői köszöntötték.



Az ünnepi megemlékezésen miniszteri elismeréseket és a szakmai szervezetek által alapított díjakat is átadtak. Miniszteri elismerő oklevelet kapott sokak mellett *Bokor András* okleveles gépészmérnök, igazságügyi szakértő, *Csanád Bálint* okleveles gépészmérnök és *Szádeczky-Kardoss Gábor* az Építéstudományi Egyesületben végzett munkájának elismeréséül. Az ünnepségről részletes beszámolót honlapunkon olvashat.